

D9 - Jemita  
D9

**DEVICE FOR PROCESSING A WORK PIECE**  
**BY MEANS OF A LASER BEAM**

In a device for processing a work piece (6) by means of a laser beam (2), including a laser (1), a redirecting mirror (3) which is used to direct the laser beam (2) generated by the laser (1) to the surface of the work piece (6) via focusing lens (5), and including an observation device for observing the processing of the work piece (6), the objective of achieving a continuous processing control can be accomplished in that the re-directing mirror (3) is partially transmissible and that on the back of the mirror (3) there is arranged in extension of the direction of the laser beam (2) between the redirecting mirror (3) and the work piece (6) an optoelectronic sensor (10) which is connected to an evaluating device (12).

**Description**

The invention relates to a device for processing a work piece by means of a laser beam, including a laser, a redirecting mirror for directing the laser beam generated by the laser to the surface of a work piece by way of a focusing lens, and including an observation device for observing the processing procedure on the work piece.

The processing of work pieces by means of laser beams, as for instance laser welding and laser cutting, has been known in the art for some time. The usual method is to direct a laser beam, as for instance the beam of a CO<sub>2</sub>laser, to the surface of a work piece with the help of a redirecting

mirror. To execute the procedure, means may be provided to either displace the workpiece itself, or to displace or tilt the device containing the redirecting mirror as needed.

Laser cutting can be done on a variety of materials, such as wood, leather, plastics, ceramics and metals.

One characteristic of laser cutting is that the cutting quality must be monitored since it may be impaired because of a variation of the beam quality, adjustment of the beam positioning, near of the cutting nozzle, changes of the cutting gas and the in homogeneity of the work piece along the cutting contour.

It is known in the art to continuously monitor the point of impact on the surface of the work piece during the cutting or welding process. This monitoring procedure is done at an acute angle to the surface of the work piece with a special observation apparatus. However, this type of observation procedure is very directional. Therefore, the monitoring apparatus must continuously follow the path of the laser beam wandering over the surface of the work piece. As a result, this monitoring procedure has never gained any practical economic significance.

It is also known, when working with a pulsating type YAG laser, to make the redirecting mirror partially permeable (or transmissible) for visible light and to arrange an optical observation system on the back of the redirecting mirror in such a manner that the point of impact of the laser beam on the surface of the work piece can be observed through a partially permeable redirecting

mirror, with the beam train to the observation optics being interrupted automatically when a laser pulse is emitted so as to protect the observing eye against the reflecting light of the energy-rich laser pulse. That means that the observation is only possible during a pulsating intermission. In practice, the position and size of the welding spots on the surface of the work piece, which have been created on the basis of manually released individual pulses, are being examined. If the size and shape of the welding spot indicate that the adjustment is correct, the YAG laser is being started and proceeds in a higher frequency pulsating operation, but during this process no observation takes place any more.

It is the object of the invention to provide an apparatus of the type mentioned above which enables continuous observation during the processing of the work piece so as to ensure that any impairment of the processing quality can be immediately detected.

This object can be achieved with an apparatus of the type mentioned above in that the redirecting mirror is partially permeable (transmissible), and that on the back of the mirror there is arranged in extension of the beam direction of the laser beam between the redirecting mirror and the work piece an optoelectronic sensor which is connected to an evaluating device.

To achieve continuous observation of the process there is provided according to the invention a partially transmissible redirecting mirror so that the system displays a certain degree of similarity to the YAG system. However, the difference between the YAG system and that of the invention is that in the system according to the invention there is no optical observation system arranged on

the back of the redirecting mirror, but that instead that an optoelectronic sensor is provided on the back of the mirror which detects on the back of partible transmissible redirecting mirror the beam spectrum which is being reflected from the work piece and is being emitted during the laser processing, and which then directs the detected signal to an evaluating system.

The invention is based on the recognition that the reflected or emitted beam enables to receive immediate information about the process that is being executed, as for instance the cutting process. By means of the optoelectronic sensor the reflected or emitted beam is being picked up and is being evaluated in an evaluation device to determine whether the cutting process is proceeding as intended or is subjected to irregularities.

In a preferred embodiment an additional sensor is arranged on the back of the redirecting mirror in extension of the beam direction in which the laser beam emitted by the laser impinges on the redirecting mirror. The sensor enables an analysis of the laser beam that is being emitted which allows for additional examinations. These additional examinations are based on the recognition that the laser light that is being recoupled again back into the laser by way of the redirecting mirror, and is being reflected from the work piece, modifies the beam conditions of the laser, and that these modifications are detectable and are informative with respect to the processing procedures.

In one practical embodiment the redirecting mirror has a reflectivity of about 99%, so that only 1% of the laser output is being lost as a result of the monitoring ability that is being created.

An advantageous arrangement is one wherein a control device for working parameters of the processing apparatus (laser beam, focusing position, cutting gas supply) is being combined with the evaluating device. If, for instance, the evaluation device detects non-optimum cutting conditions the cutting process can be improved automatically, as for instance by adjusting the laser beam, or by variation of the cutting gas supply. If other procedures need to be executed, the laser beam may simply be turned off to enable, for instance, to execute procedures on the surface of the work piece. Especially in the case of laser cutting it is advantageous that the signal of the sensor in the evaluation device reaches a high-pass (filter?) to which an effective value device is coupled on the outlet side. Experience has shown that the reflecting light is starting to pulsate when the cutting procedure becomes irregular. The pulsating signal is being separated from the basic signal level by the high-pass (filter?) and the effective value device determines the intensity of the pulsation. If this pulsating intensity exceeds a pre-selected value, it indicates that unusable cuts have been detected so that the laser is being turned off for its own protection and for the protection of the optical redirecting system.

For other applications it is advantageous to provide for a spectral intensity analysis. In this case, selective frequency bands are being filtered out and the respective effective value is being established.

The invention will be described in the following in detail by way of an exemplary embodiment illustrated in the drawing.

Figure 1 is a schematic representation of the work piece processing device according to the invention with a process monitoring (observing) device.

Figure 2 is an exemplary laser cut on a piece of aluminum with the output signal produced by the sensor in response to the portion of the reflected laser light received by the sensor.

Figure 3 is another exemplary embodiment according to Figure 2 in which the output signal of the sensor is designated by the letter a, and the established and evaluated signal is designated by the letter b.

The apparatus illustrated in Figure 1 is comprised of a laser 1, which is usually of the CO<sub>2</sub> laser type. This laser emits a laser beam 2 which is directed by a redirecting mirror 3 to a processing head 4. The processing head 4 includes essentially a focusing lens 5 for focusing the parallel laser beam 2 onto the surface of a work piece 6. The processing head is normally formed so as to conically converge towards the nozzle 4 to which processing gas is directed to the surface of the work piece 6 that is being impinged by the focused laser beam 2. In Figure 1 arrows 8 indicate the light that is emitted during the processing.

In the exemplary embodiment illustrated in Figure 1, the work piece 6 is arranged on a coordination table 9 which is moveable in the plane of the supporting surface, and which is moved during the processing in such a manner so as to enable the focused laser beam 2 to travel over the desired parts of the work piece 6.

The redirecting mirror 3 is partially transmittable and the degree of transmission amounts to about 1%. The laser light, which is reflected from the point of impingement of the focused laser beam 2 on the work piece 6, is directed about parallel by the focusing lens 5 and impinges as a reflected laser beam 2' on the partially transmissible redirecting mirror 3, so that a small portion 2'' of the reflected laser beam 2' passes through the redirecting mirror 3 and impinges on the optoelectronic sensor 10. The same is true for the light emitted during the processing procedure.

Because of the partially transmissibility of the redirecting mirror 3, a portion of the laser beam 2 emitted by the laser 1 passes directly through the redirecting mirror 3 and arrives as a transmitted portion 2''' at an additional optoelectric sensor 11 which, as is known in the art, is suitable for beam diagnosis.

The two sensor 10, 11 are interconnected with a processing computer 12 which is also able to control the laser 1, the movement of the coordination table 9 and the gas supply.

The evaluation of the reflected laser beam 2'' by means of the optoelectric sensor 10 is illustrated in Figure 2. It shows a cut 13 that has been executed by means of a laser 1 on an aluminum piece 14. In order to achieve a good coupling of the laser beam 2 into the aluminum piece 14, the surface is being blackened. The surface on the left part of the aluminum is not blackened. In executing the cut in the direction of arrow A, as seen in Figure 2 from right to left, a perfect cut 13 has been achieved. The signal detected by the optoelectric sensor 10 is constant and increases in intensity when passing into the non-blackened area of the aluminum piece 14. Initially, the

cut in this area is also satisfactory until, after a certain time  $t_1$  the cut becomes irregular and the cut does not go completely through the aluminum piece. This will cause a pulsating reflection of the reflecting laser beam 2' or 2" so that a signal 5 is being generated at the output of the optoelectronic sensor which starts to pulsate while the amplitude of the reflecting light initially increases and then gradually decreases overall while pulsating.

An analog example is illustrated in Figure 3 wherein a cut 13 is executed on an aluminum piece 14 by means of a laser. The symbol shows the reflecting signal S1 which is at the output of the optoelectronic sensor 10. At the transition to the non-blackened surface of the aluminum piece 14 the reflected signal S1 becomes irregular and develops into pulsations.

The signal line 6 illustrates an evaluation signal A5 which is generated from the signal S1 in that this signal is transmitted to a high-pass to which an effective value formation step is connected. Therefore, the signal A5 is an indication of the pulsation of the output signal S1 of the optoelectronic sensor 10 and, consequently an indication of the quality loss of the cut 13.

Furthermore, the evaluation signal A5 enables the detection of local faults of the cut 13 since the evaluating signal A5 produces a sharp ascent.

The type of the optoelectronic sensor 10 to be considerent for use may be any of the many types that are known in the art. For relatively simple systems the sensor must not necessarily be cooled so hat some photo resistance and quantum can be eliminated as a choice. Photo diodes



and pyro-electric detectors may be used as sensors 10 because they are usually easy to handle.

### Claims

1. Apparatus for processing a work piece 6 by means of a laser beam 2, including a laser 1, a redirecting mirror 3 for directing the laser beam 2 generated by the laser 1 to the surface of the work piece 6 by way of a focusing optics, and an observation device for observing the precessing procedure on the work piece 6, characterized in that the redirecting mirror 3 is partially transmissible and that on its back, in extension of the beam direction of the laser beam 2, between the redirecting mirror 3 and the work piece 6, there is arranged an optoelectronic sensor 10 which is interconnected with an evaluation device 12.
2. Apparatus according to claim 1, characterized in that on the back of the redirecting mirror 3, in extension of the beam direction in which the laser beam 2 omitted by the laser 1 impinges on the redirecting mirror 3, there is arranged an additional sensor 11.
3. Apparatus according to claim 1 or 2, characterized in that the reflectivity of the redirecting mirror 3 is about 99%.
4. Apparatus according to claims 1 to 3, characterized in that a control device for process parameters of the processing apparatus is interconnected with the evaluating device 12.

5. Apparatus according to claim 1 to 4, characterized in that in the evaluating device 12 the signal of the sensor 10, arrives of a frequency filter which has an effective value forming device connected on its output side.

6. Apparatus according to claim 5, characterized in that the frequency filter is a high-pass (filter?).



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 10 816.6  
22 Anmeldetag: 31. 3. 87  
43 Offenlegungstag: 20. 10. 88

Behördeneigentum

DE 37 10816 A1

71 Anmelder:

Focus Control GmbH FC, 3300 Braunschweig, DE

74 Vertreter:

Gramm, W., Prof.Dipl.-Ing.; Lins, E., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anwälte, 3300 Braunschweig

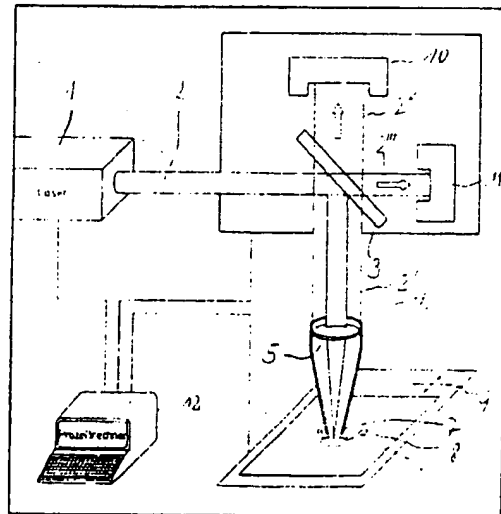
72 Erfinder:

Hansmann, Matthias, Dipl.-Phys.; Decker, Ingo,  
Dipl.-Phys. Dr.; Ruge, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 3300  
Braunschweig, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks mittels eines Laserstrahls

Bei einer Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks (6) mittels eines Laserstrahls (2), mit einem Laser (1), einem Umlenkspiegel (3), mit dem der vom Laser (1) erzeugte Laserstrahl (2) über eine Fokussierungsoptik (5) auf die Oberfläche des Werkstücks (6) gerichtet wird, und mit einer Beobachtungseinrichtung zur Beobachtung des Bearbeitungsvorganges am Werkstück (6) läßt sich eine kontinuierliche Prozeßkontrolle dadurch durchführen, daß der Umlenkspiegel (3) teildurchlässig ist und daß auf seiner Rückseite in Verlängerung der Strahlrichtung des Laserstrahls (2) zwischen Umlenkspiegel (3) und Werkstück (6) ein optoelektronischer Sensor (10) angeordnet ist, der mit einer Auswertungseinrichtung (12) verbunden ist.



DE 37 10816 A1

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks (6) mittels eines Laserstrahls (2), mit einem Laser (1), einem Umlenkspiegel (3), mit dem der vom Laser (2) erzeugte Laserstrahl (2) über eine Fokussierungsoptik (5) auf die Oberfläche des Werkstücks (6) gerichtet wird, und mit einer Beobachtungseinrichtung zur Beobachtung des Bearbeitungsvorganges am Werkstück (6), dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (3) teildurchlässig ist und daß auf seiner Rückseite in Verlängerung der Strahlrichtung des Laserstrahls (2) zwischen Umlenkspiegel (3) und Werkstück (6) ein optoelektronischer Sensor (10) angeordnet ist, der mit einer Auswertungseinrichtung (12) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Rückseite des Umlenkspiegels (3) in Verlängerung der Strahlrichtung, mit der der vom Laser (1) ausgehende Laserstrahl (2) auf den Umlenkspiegel (3) trifft, ein weiterer Sensor (11) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (3) eine Reflektivität von etwa 99% aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Auswertungseinrichtung (12) eine Steuereinrichtung für Arbeitsparameter der Bearbeitungsvorrichtung verbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswertungseinrichtung (12) das Signal des Sensors (10, 11) auf ein Frequenzfilter gelangt, dem ein Effektivwertbildner nachgeschaltet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Frequenzfilter ein Hochpaß ist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks mittels eines Laserstrahls, mit einem Laser, einem Umlenkspiegel, mit dem der vom Laser erzeugte Laserstrahl über eine Fokussierungsoptik auf die Oberfläche des Werkstücks gerichtet wird, und mit einer Beobachtungseinrichtung zur Beobachtung des Bearbeitungsvorganges am Werkstück.

Die Bearbeitung von Werkstücken mit Laserstrahlen, beispielsweise Laserschweißen und Laserschneiden, ist seit langer Zeit bekannt. Hierzu wird ein Laserstrahl, beispielsweise der Strahl eines CO<sub>2</sub>-Lasers mit Hilfe eines Umlenkspiegels auf die Oberfläche des Werkstücks gerichtet. Zur Durchführung des Bearbeitungsvorganges kann dabei das Werkstück selbst verschoben werden oder aber die den Umlenkspiegel enthaltende Vorrichtung entsprechend verschoben oder ggfs. gekippt werden.

Das Laserschneiden ist bei verschiedensten Werkstückmaterialien, wie Holz, Leder, Kunststoffe, Keramik und metallische Werkstoffe, möglich.

Ein Merkmal des Laserschneidens besteht darin, daß die Schnittqualität geprüft werden muß, da sie durch Veränderungen der Strahlqualität, die Justierung in der Strahlführung, Verschleiß der Schneiddüse, Veränderungen in einem zugeführten Schneidgas und durch Inhomogenitäten des Werkstücks entlang der Schnittkontur herabgesetzt werden kann.

Es ist bekannt, den Auftreffleck des Lasers auf der

Werkstückoberfläche während des Schneid- oder Schweißprozesses kontinuierlich zu beobachten. Diese Beobachtung erfolgt unter einem spitzen Winkel zur Werkstückoberfläche mit einer gesonderten Beobachtungsapparatur. Diese Beobachtung ist allerdings stark richtungsabhängig. Daher muß die Beobachtungsapparatur bei einem über die Oberfläche des Werkstücks wandernden Laserstrahl ständig nachgeführt werden. Eine praktische wirtschaftliche Bedeutung hat dieses Beobachtungsverfahren nicht errungen.

Es ist ferner bekannt, bei einem YAG-Laser, der im Pulsbetrieb arbeitet, den Umlenkspiegel für sichtbares Licht teildurchlässig zu machen und eine Beobachtungsoptik auf der Rückseite des Umlenkspiegels so anzubringen, daß der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf der Werkstückoberfläche durch den teildurchlässigen Umlenkspiegel hindurch beobachtet werden kann. Der Strahlengang zu der Beobachtungsoptik wird dabei automatisch unterbrochen, wenn ein Laserpuls ausgesandt wird, um das beobachtende Auge vor dem reflektierten Licht des energiereichen Laserpulses zu schützen. Die Beobachtung ist daher nur während einer Pulspause möglich. In der Praxis wird mit Hilfe der Beobachtungsoptik die Lage und Größe von Schweißpunkten auf der Werkstückoberfläche geprüft, die aufgrund von manuell ausgelösten Einzelimpulsen entstanden sind. Deutet die Größe und Form der Schweißpunkte auf eine korrekte Einstellung hin, wird der YAG-Laser gestartet und arbeitet in einem höherfrequenten Pulsbetrieb den Bearbeitungsprozeß ab. Eine Beobachtung wird während dieses Vorganges nicht mehr vorgenommen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs erwähnten Art zu erstellen, bei der eine Beobachtung des Bearbeitungsvorganges kontinuierlich möglich ist, so daß eine mangelnde Qualität des Bearbeitungsvorganges sofort erkannt werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, daß der Umlenkspiegel teildurchlässig ist und daß auf seiner Rückseite in Verlängerung der Strahlrichtung des Laserstrahls zwischen Umlenkspiegel und Werkstück ein optoelektronischer Sensor angeordnet ist, der mit einer Auswertungseinrichtung verbunden ist.

Zur Durchführung einer kontinuierlichen Beobachtung des Prozesses wird erfindungsgemäß ein teildurchlässiger Umlenkspiegel vorgesehen, so daß der Aufbau eine gewisse Ähnlichkeit mit dem YAG-Laseraufbau aufweist. Im Unterschied zu dem YAG-Laseraufbau befindet sich auf der Rückseite des Umlenkspiegels jedoch keine Beobachtungsoptik, sondern ein optoelektronischer Sensor, der das von dem Werkstück reflektierte bzw. durch den Bearbeitungsvorgang emittierte und durch die Fokussierlinse als Objektivlinse geleitete Strahlenspektrum auf der Rückseite des teildurchlässigen Umlenkspiegels detektiert und das detektierte Signal an eine Auswertungsschaltung weiterleitet.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die reflektierte bzw. emittierte Strahlung eine unmittelbare Aussage über den durchgeführten Bearbeitungsprozeß, beispielsweise Schneidprozeß ermöglicht. Mit Hilfe des optoelektronischen Sensors wird die reflektierte bzw. emittierte Strahlung erfaßt und in einer Auswertungseinrichtung dahingehend ausgewertet, ob der Schneidprozeß planmäßig verläuft oder zu Unregelmäßigkeiten führt.

In einer bevorzugten Ausführungsform befindet sich auf der Rückseite des Umlenkspiegels in Verlängerung

der Strahlrichtung, mit der der von dem Laser ausgehende Laserstrahl auf den Umlenkspiegel trifft, ein weiterer Sensor. Dieser Sensor ermöglicht eine Strahlanalyse des ausgesandten Laserstrahls. Damit sind ergänzende Untersuchungen möglich. Diese ergänzenden Untersuchungen beruhen auf der Erkenntnis, daß das über den Umlenkspiegel wieder in den Laser eingekoppelte, vom Werkstück reflektierte Laserlicht die Strahlungsbedingungen des Lasers modifiziert und daß diese Modifikationen detektierbar und aussagekräftig im Hinblick auf den Bearbeitungsvorgang sind.

In einem praktischen Ausführungsbeispiel weist der Umlenkspiegel eine Reflektivität von etwa 99% auf, so daß nur 1% der Laserleistung durch die hier geschaffene Beobachtungsmöglichkeit verlorengeht.

Es ist zweckmäßig, mit der Auswertungseinrichtung eine Steuereinrichtung für Arbeitsparameter der Bearbeitungsvorrichtung (Laserstrahl, Fokusposition, Schneidgaszuführung) zu verbinden. Wenn die Auswertungseinrichtung beispielsweise einen nicht optimalen Schneidvorgang detektiert, können die Schneidbedingungen automatisch wieder verbessert werden, beispielsweise durch Nachjustierung des Laserstrahls oder Änderung der Schneidgaszufuhr. Sollen andere Maßnahmen durchgeführt werden, kann der Laserstrahl einfach abgeschaltet werden, um beispielsweise eine Bearbeitung der Oberfläche des Werkstücks durchzuführen. Insbesondere beim Laserschneiden von Aluminium ist es zweckmäßig, wenn in der Auswertungseinrichtung das Signal des Sensors auf einen Hochpaß gelangt, dem ein Effektivwertbildner nachgeschaltet ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß das reflektierte Licht bei nicht ordnungsgemäßem Schneidvorgang anfängt zu pulsieren. Das pulsierende Signal wird von dem Grund-Signalpegel durch den Hochpaß getrennt und der Effektivwertbildner stellt die Intensität der Pulsation fest. Überschreitet diese Pulsationsintensität einen vorgewählten Wert, sind unbrauchbare Schnitte detektiert, so daß der Laser zu seiner Schonung sowie zur Schonung der Umlenkoptik abgestellt wird.

In anderen Anwendungsfällen ist zur Auswertung eine spektrale Intensitätsanalyse vorteilhaft. Hierzu werden selektiv Frequenzbänder ausgefiltert und der jeweilige Effektivwert gebildet.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Werkstückbearbeitungsvorrichtung mit einer Einrichtung zur Prozeßbeobachtung,

Fig. 2 beispielhaft einen Laserschnitt an einem Aluminiumstück mit dem von einem Sensor erzeugten Ausgangssignal in Abhängigkeit von dem auf den Sensor gelangenden Anteil des reflektierten Laserlichts,

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2, bei dem das Ausgangssignal des Sensors mit *a* und ein daraus gebildetes, ausgewertetes Signal mit *b* bezeichnet ist.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung besteht aus einem Laser 1, der üblicherweise ein CO<sub>2</sub>-Laser ist. Dieser sendet einen Laserstrahl 2 aus, der von einem Umlenkspiegel 3 in einen Bearbeitungskopf 4 gelangt. Der Bearbeitungskopf 4 enthält im wesentlichen eine Fokussierlinse 5, mit der der parallele Laserstrahl 2 auf die Oberfläche eines Werkstücks 6 fokussiert wird. Der Bearbeitungskopf 4 ist üblicherweise zu einer Düse 7 konisch zulaufend ausgebildet, durch die Arbeitsgas auf die vom fokussierten Laserstrahl 2 getroffene Oberfläche des

Werkstücks 6 geleitet wird. In Fig. 1 deuten Pfeile 8 das beim Bearbeitungsprozeß emittierte Licht an.

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Werkstück 6 auf einem Koordinatentisch 9 angeordnet, der in der Auflageebene des Werkstücks 6 verfahrbar ist und während des Bearbeitungsprozesses so verfahren wird, daß die gewünschten Teile des Werkstücks 6 von dem fokussierten Laserstrahl 2 überfahren werden.

Der Umlenkspiegel 3 ist teildurchlässig, wobei der Transmissionsgrad ca. 1% beträgt. Das vom Auftreffpunkt des fokussierten Laserstrahls 2 auf dem Werkstück 6 reflektierte Laserlicht wird von der Fokussierlinse 5 etwa parallel gerichtet und trifft als reflektierter Laserstrahl 2' auf den teildurchlässigen Umlenkspiegel 3, so daß ein kleiner Anteil 2'' des reflektierten Laserstrahls 2' durch den Umlenkspiegel 3 hindurchtritt und auf einen optoelektronischen Sensor 10 auftrifft. Das Gleiche gilt für das beim Bearbeitungsvorgang emittierte Licht.

Aufgrund der Teildurchlässigkeit des Umlenkspiegels 3 tritt ein Teil des vom Laser 1 ausgesandten Laserstrahls 2 direkt durch den Umlenkspiegel 3 hindurch und gelangt als transmittierter Anteil 2''' auf einen weiteren optoelektronischen Sensor 11, der in bekannter Weise zur Strahldiagnose geeignet ist.

Mit den beiden Sensoren 10, 11 ist ein Prozeßrechner 12 verbunden, der darüber hinaus den Laser 1, die Bewegung des Koordinatentisches 9 und die Gaszufuhr steuern kann.

Die Auswertung des reflektierten Laserstrahls 2'' mittels des optoelektronischen Sensors 10 wird anhand der Fig. 2 verdeutlicht. Diese zeigt einen Schnitt 13, der mittels eines Lasers 1 in einem Aluminiumstück 14 durchgeführt worden ist. Um eine gute Einkopplung des Laserstrahls 2 in das Aluminiumstück 14 zu erhalten, wird die Oberfläche geschwärzt. Im linken Teil des Aluminiumstücks 14 ist die Oberfläche nicht geschwärzt. Bei der Durchführung eines Schnittes in Richtung des Pfeiles A — also in Fig. 2 von rechts nach links — ist ein einwandfreier Schnitt 13 erzeugt worden. Das von dem optoelektronischen Sensor 10 detektierte Signal ist konstant und erhöht sich in seiner Intensität etwa beim Übergang zu der nicht geschwärzten Oberfläche des Aluminiumstücks 14. Auch dort wird zunächst noch ein einwandfreier Schnitt erzeugt, bis nach einer gewissen Zeit *t* 1 der Schnitt unregelmäßig wird und das Aluminiumstück 14 teilweise nicht vollständig durchgeschnitten wird. Dies führt zu einer pulsierenden Reflexion des reflektierten Laserstrahls 2' bzw. 2'', so daß der optoelektronische Sensor am Ausgang ein Signal *S* erzeugt, das anfängt zu pulsieren, wobei die Amplitude des reflektierten Lichts zunächst stark zunimmt und dann pulsierend insgesamt allmählich abnimmt.

Ein analoges Beispiel ist in Fig. 3 dargestellt, in der ein Aluminiumstück 14 mit einem Schnitt 13 mit Hilfe eines Lasers versehen wird. Die Zeile *a* zeigt das reflektierte Signal *S'*, das am Ausgang des optoelektronischen Sensors 10 ansteht. Am Übergang zu der nicht geschwärzten Oberfläche des Aluminiumstücks 14 beginnt eine Unregelmäßigkeit des reflektierten Signals *S'*. Diese geht in Pulsationen über.

Die Signalzeile *b* zeigt ein Auswertesignal *AS*, das aus dem Signal *S'* dadurch gebildet ist, daß dieses Signal auf einen Hochpaß gegeben wird, an den sich eine Effektivwertbildungsstufe anschließt. Das Signal *AS* gibt daher ein Maß für die Pulsation des Ausgangssignals *S'* des optoelektronischen Sensors 10 und damit ein Maß für

die Minderqualität des Schnittes 13 an.

Das Auswertungssignal AS ermöglicht auch die Detektion von lokalen Fehlstellen für den Schnitt 13, da hier das Auswertungssignal AS einen scharfen Anstieg produziert.

Als optoelektronischer Sensor 10 kommen prinzipiell alle bekannten Sensoren in Betracht. Für die Ausbildung von einfachen Systemen sollten die Sensoren nicht notwendig gekühlt werden müssen, so daß einige Photowiderstände und Quanten-Detektoren auszuscheiden wären. Photodioden und pyroelektrische Detektoren können als einfach zu handhabende Sensoren 10 eingesetzt werden.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

3710816

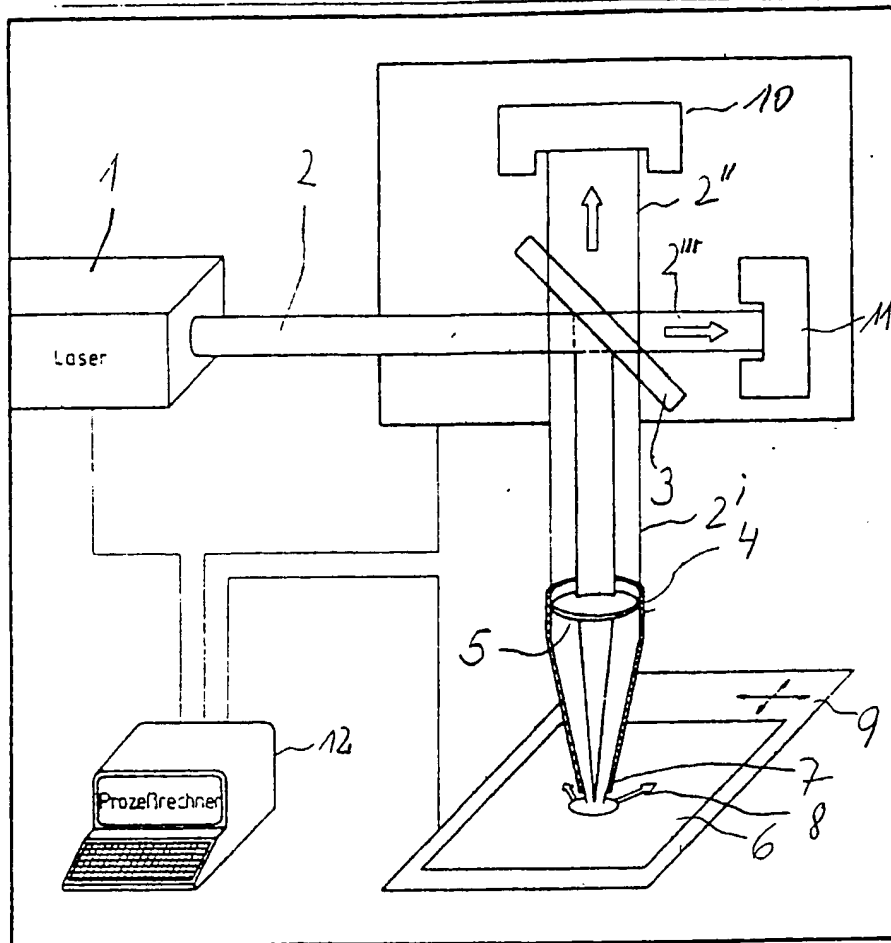


Fig. 1



3710816

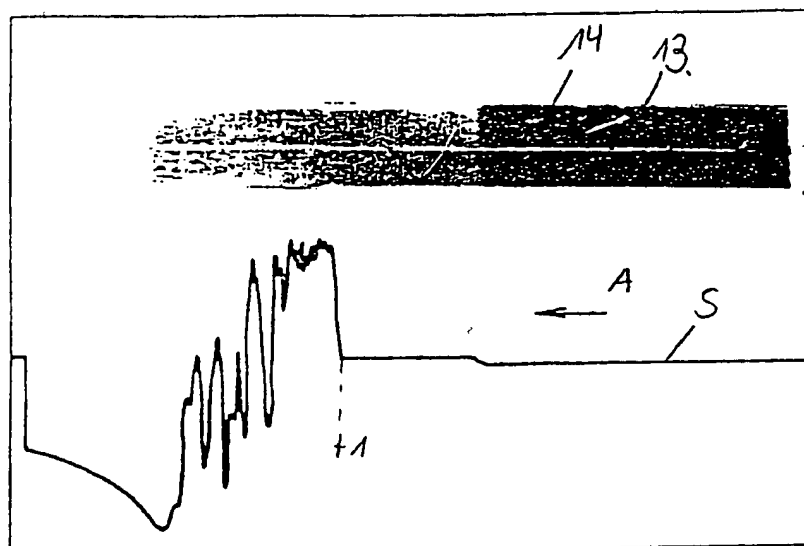


Fig. 2

3710816

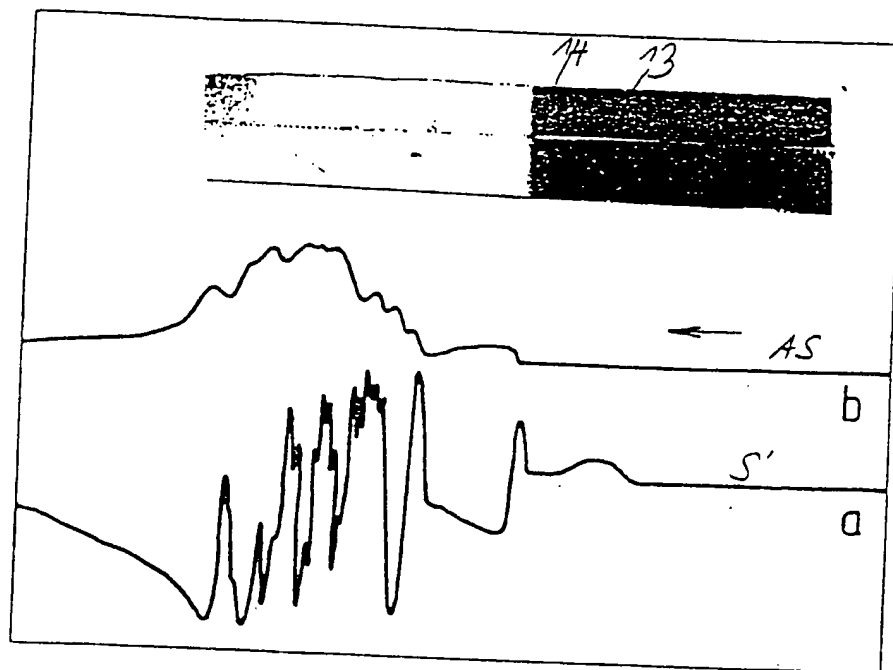


Fig. 3